

DIALOG(R)File 351:Derwent WPI
(c) 2002 Thomson Derwent. All rts. reserv.

013137586 **Image available**

WPI Acc No: 2000-309458/ 200027

XRPX Acc No: N00-231976

Field emission cathode for power switch, display, has carbon nano tube dispersed in resist coated over substrate so that its end protrudes from resist surface

Patent Assignee: TOSHIBA KK (TOKE)

Number of Countries: 001 Number of Patents: 001

Patent Family:

Patent No	Kind	Date	Applicat No	Kind	Date	Week
JP 2000090809	A	20000331	JP 98255519	A	1998090	200027 B

Priority Applications (No Type Date): JP 98255519 A 19980909

Patent Details:

Patent No	Kind	Lan	Pg	Main IPC	Filing Notes
JP 2000090809	A		8	H01J-001/304	

Abstract (Basic): JP 2000090809 A

NOVELTY - A resist (2) is coated on a substrate (4) having partial conductivity. The resist is made of amorphous conductive resin derived carbon group matrix layer dispersed with carbon nano tube (1). The end of carbon nano tube is made to protrude from resist surface.

DETAILED DESCRIPTION - An INDEPENDENT CLAIM is also included for the field emission cathode manufacturing method.

USE - For power switch, display etc.

ADVANTAGE - Since the cathode is produced by semiconductor minute process, good reproducibility is offered.

DESCRIPTION OF DRAWING(S) - The figure shows the manufacturing process diagram of field emission cathode.

Carbon nano tube (1)

Resist (2)

Substrate (4)

pp; 8 DwgNo 1/7

Title Terms: FIELD; EMIT; CATHODE; POWER; SWITCH; DISPLAY; CARBON; NANO; TUBE; DISPERSE; RESIST; COATING; SUBSTRATE; SO; END; PROTRUDE; RESIST; SURFACE

Derwent Class: V05

International Patent Class (Main): H01J-001/304

International Patent Class (Additional): H01J-001/30; H01J-009/02

File Segment: EPI

Manual Codes (EPI/S-X): V05-M03A

た。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】上述したようにカーボンナノチューブを用いた従来の電界放出陰極によれば、そのアスペクト比の大ききより電界集中効果が実現でき、低電界動作が可能であるが、ゲートを立てて3層構成にする等の微細構造デバイスへの適用は困難である。

【0007】本発明は上記課題を解決するためになされたもので、その目的とするところは、低電界動作が可能で、かつ微細構造の電界放出陰極及びそれを用いた電子放出素子を提供することにある。また、本発明の別の目的は、大量に再現性よく作成可能な電界放出陰極の製造方法を提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】本発明の請求項1に係る電界放出陰極は、少なくとも一部が導電性を有する基板と、この導電性基板上に形成され、複数の導電性極細物質が分散して形成されてなる非晶質の導電性樹脂由来炭素系マトリクス層とを具備してなり、前記導電性極細物質の先端が前記マトリクス層の表面から突出してなることを特徴とする。

【0009】また、本発明の請求項2に係る電子放出素子は、少なくとも一部が導電性を有する基板と、該基板上に形成され、複数の導電性極細物質が懸濁し、かつ該導電性物質同士が分散して形成されてなる非晶質の導電性樹脂由来炭素系マトリクス層により形成された微小陰極と、この陰極に方向配置され該陰極からの放出電子を捕獲する陽極と、前記陰極に近接配置され該陰極からの放出電子を制御する制御電極とを具備してなり、前記導電性極細物質の先端は前記マトリクス層の表面から突出し、前記陽極には前記陰極に対して正の電位が印加され、かつ前記制御電極には前記陰極に対して負又は同じ電位が選択的に印加されることを特徴とする。

【0010】本発明において、マトリクス層の持つ導電性は、マトリクス層がリークを生じる程度の導電性を持つ場合も含み、導体と呼ばれるほど高い導電性は必ずしも必要とされない。

【0011】本発明の望ましい形態を以下に示す。

(1) 導電性極細物質はカーボンナノチューブである。
(2) 導電性極細物質は炭素系マトリクス層中で該マトリクス層の膜厚方向に最も高く配向されてなる。

【0012】(3) 導電性樹脂由来炭素系マトリクス層は、水素結合を多く含む、細孔(ポア)を有する。
また、本発明の請求項3に係る電界放出陰極の製造方法は、導電性極細物質を有機樹脂に懸濁させて該有機樹脂中に分散させる工程と、前記有機樹脂を少なくとも一部が導電性を有する基板上にコートする工程と、前記コートされた有機樹脂を硬化して該有機樹脂の電気抵抗を減少させる工程とを含むことを特徴とする。

【0013】また、本発明の請求項4に係る電界放出陰極の製造方法は、導電性極細物質を有機樹脂に懸濁させて該有機樹脂中に分散させる工程と、少なくとも一部が導電性を有し、凹部を有し、かつ該凹部を含めて表面に薄い酸化膜が形成された第1の基板上に前記有機樹脂を前記凹部を含めてコートする工程と、前記コートされた有機樹脂を硬化して該有機樹脂の電気抵抗を減少させる工程と、該硬化した有機樹脂上に第2の基板を形成する工程と、前記第1の基板を該第1の基板の凹部に形成された凸状の有機樹脂の先端部が開くまで選択的に除去する工程とを含むことを特徴とする。

【0014】本発明において、有機樹脂の電気抵抗を減少させることには、有機樹脂がリークを生じる程度の電気抵抗とする場合も含み、電気抵抗を減少させて導体にする程度の減少は必ずしも必要とされない。

【0015】本発明の望ましい形態を示す。

(1) 有機樹脂を硬化する工程の途中あるいはその後で、有機樹脂のマトリクス層の表面を導電性極細物質を残して選択的にエッチバックすることにより、導電性極細物質の先端を突出させる。

(2) 有機樹脂を硬化する前に、複数の導電性極細物質を有機樹脂のマトリクス層の膜厚方向に最も高く配向させる。

(3) (2)の導電性極細物質の配向は、有機樹脂の膜厚方向に交流、直流又は交番電界を印加して導電性極細物質の向きを電界方向に配向させることにより行う。

(4) (2)の配向を行う場合、コートされた有機樹脂の膜厚よりも導電性極細物質の平均長を短くする。

【0016】(作用) 本発明では、電界放出用の導電性極細物質を有機樹脂に懸濁し、有機樹脂中に導電性極細物質を分散させる。従って、有機樹脂中に均一に導電性極細物質が分散し、また半導体微細プロセスを用いることができるため、均一な膜厚、平滑な表面構造のマトリクス層を得ることができ、微細な構造の電界放出陰極を容易にかつ再現性よく作成することができる。また、均一に電界放出陰極を形成できるため、電界集中効果も高く、低い印加電圧で安定に電子を放出する電界放出陰極が得られ、さらに素子の大面積化・大電流化も容易となる。

【0017】また、有機樹脂を硬化して水素結合を多く含む非晶質のマトリクス層を形成するため、マトリクス層として重要な靱性に富み強固な電界放出陰極を形成することができる。従って、導電性基板との確実な接触が得られ、安定した低電圧動作が可能となる。

【0018】さらに、導電性極細物質を有機樹脂の表面に鉛直方向に配向させることにより、電子放出に寄与する導電性極細物質の密度を向上させることができ、高い電流密度を得ることができる。

【0019】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照しながら本発明

の実施形態を説明する。

【第1実施形態】図1は本発明の第1実施形態に係る電界放出陰極の製造方法を示す図である。まず、アーク放電法等公知の方法により、細線束状のカーボンナノチューブ1を作製する。この際、必要に応じて精製を行ってもよい。そして、得られたカーボンナノチューブ1をレジスト2中に分散及び懸濁させる(図1(a))。具体的には、予め有機溶剤で分散させたカーボンナノチューブ1をボジレジスト2(東京応化製OFDPR)と混合し、ナノチューブ1を十分に分散させるため、超音波等を併用して攪拌する。このようにして得られた懸濁液3を導電性基板4上にスピコートを用いて塗布し、懸濁樹脂層5を形成する(図1(b))。次いで、この懸濁樹脂層5の予備硬化を行う(図1(c))。具体的には80℃で30分間の熱処理を行う。

【0020】この予備硬化の後に、酸液ガスを用いたCDE(Chemical Dry Etching)や、有機溶剤による表面腐食エッチング等を用いて、膜表面から懸濁樹脂層5中のレジスト2を選択的にエッチバックする(図1(d))。このエッチバックにより、懸濁樹脂層5の表面にはカーボンナノチューブ1の先端が突出し、陰極として用いた場合に十分な電界集中効果を得ることができる。

【0021】このエッチバックの後に、追加の硬化のための熱処理を行い、さらに、A⁺イオンをイオン注入することにより懸濁樹脂層5に導電性を付与する(図1(e))。熱処理は一例として300℃、3時間、イオン注入は一例としてA⁺を200keVで5×10¹⁶cm⁻²注入する。このA⁺イオンの注入により懸濁樹脂層5中のC-H結合が切断され、徐々に懸濁樹脂層5の抵抗が下がり、導電性を有する。これにより、従来のナノチューブ束により形成された電界放出陰極の場合のように、カーボンナノチューブ同士が接触し、基板とナノチューブ束の先端が電気的に接続された構造をとらなくても、導電性を有する炭素系マトリクスを介して電子の注入経路を確保することができる。

【0022】なお、懸濁液3中のカーボンナノチューブ1の密度を上げることでナノチューブ同士が接触して形成されたマトリクス層であってももちろんよい。このようにして形成された炭素系マトリクス層は非晶質であり、水素結合を多く含む。従って、マトリクス層として重要な靱性に富む強固な電界放出陰極を得ることができる。また、マトリクス中には多数のポアを有し、製造された電界放出陰極の表面にはカーボンナノチューブ1の先端が突出した構造となる。

【0023】また、導電性極細物質として用いられる材料と懸濁液として用いられる材料とを炭素系として同じものを用いることにより、両者の熱膨張係数が同一で膜として安定した構造を得ることができる。また、導電性極細物質と懸濁液が近似した電子構造となるため、電壁が少なく低損失であり、電荷注入の際、マトリクスから

チューブへの電子注入が容易となる。

【0024】以上に示した工程により形成された電界放出陰極に真空中で平面型のアノードを対向配置して電圧を印加したところ、見かけの平均電界で2V/μm以下の低い電界から電子放出が観察され、安定で低電圧動作の可能な電界放出陰極が得られた。

【0025】(第2実施形態)図2は本発明の第2実施形態に係る電界放出陰極の製造方法を示す工程断面図である。以下、第1実施形態と重複する部分については詳細な説明は省略する。

【0026】まず、レジスト2にカーボンナノチューブ1を懸濁させて懸濁液3を作成し、基板4上にこの懸濁液3をコートして懸濁樹脂層5を形成する(図2(a))。そして、この懸濁樹脂層5の予備硬化を行う(図2(b))。ここまでは第1実施形態と同様である。

【0027】次いで、公知のリソグラフィ工程を用いて懸濁樹脂層5をパターニングする(図2(c))。次いで、パターニングされた懸濁樹脂層5中のレジスト2を選択的にエッチバックして懸濁樹脂層5の表面にカーボンナノチューブ1の先端を突出させる(図2(d))。さらに、追加の硬化のための熱処理及びA⁺イオン等のイオン注入を行い、懸濁樹脂層5に導電性を付与し、非晶質の炭素系マトリクス層を形成する(図2(e))。【0028】このように、パターニングにより基板4表面の一部に懸濁樹脂層5を残存させることにより、基板4上の必要な部分にのみ所望の形状の電界放出陰極を形成することができる。また、アレイ状の多数の電界放出陰極を形成することができる。

【0029】(第3実施形態)図3は本発明の第3実施形態に係る電界放出陰極の製造方法を示す工程断面図である。まず、レジスト2にカーボンナノチューブ1を懸濁させて懸濁液3を作成し、基板4上にこの懸濁液3をコートして懸濁樹脂層5を形成する(図3(a))。そして、この懸濁樹脂層5の予備硬化を行う(図3(b))。ここまでは第1実施形態と同様である。

【0030】次いで、この予備硬化した懸濁樹脂層5上にA1薄膜31を形成し、このA1薄膜31をリソグラフィ工程を用いてパターニングし、A1薄膜31に開口部32を形成して懸濁樹脂層5の一部を露出させる(図3(c))。次いで、A1薄膜31の一部を開口した状態で、開口部32の懸濁樹脂層5をエッチバックし、レジスト2中のカーボンナノチューブ1の先端を突出させる(図3(d))。さらに、アルミ薄膜の開口部32に露出した懸濁樹脂層5に対して追加の硬化を行い、懸濁樹脂層5に導電性を付与する(図3(e))。これにより、基板4上に形成された懸濁樹脂層5のうち、部分的に電界放出しやすい構造を得る。さらに、A1薄膜からなる電極層によって、構造的な伝導性を向上させることができる。これにより、導電性でない基板に適用するこ

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I		テマコード(参考)
H 0 1 J	1/304	H 0 1 J	1/30	F 5 C 0 3 5
	1/30			A
	9/02		9/02	B

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平10-255519

(22) 出願日 平成10年9月9日 (1998.9.9)

(71) 出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72) 発明者 酒井 忠司

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝研究開発センター内

(72) 発明者 小野 富男

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝研究開発センター内

(74) 代理人 100058479

弁理士 鈴江 武彦 (外6名)

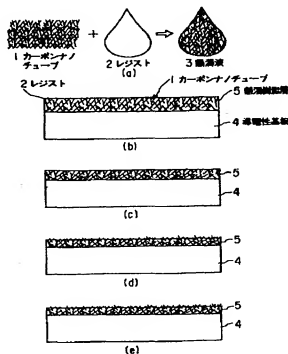
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電界放出陰極、電子放出素子および電界放出陰極の製造方法

(57) 【要約】

【課題】 低電界動作が可能で、かつ微細構造の電界放出陰極を提供する。

【解決手段】 カーボンナノチューブ1をレジスト2に懸濁させてレジスト2中に分散させ、次いでレジスト2を導電性基板4上にコートし、次いでレジスト2の懸濁樹脂層5表面をカーボンナノチューブ1を残して選択的にエッチバックすることによりカーボンナノチューブ1の先端を突出させ、次いでコートされたレジスト2を硬化してレジスト2の電気抵抗を減少させる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 少なくとも一部が導電性を有する基板と、この導電性基板上に形成され、複数の導電性極細物質が分散して形成されてなる非晶質の導電性樹脂由来炭素系マトリクス層とを具備してなり、

前記導電性極細物質の先端が前記マトリクス層の表面から突出してなることを特徴とする電界放出陰極。

【請求項2】 少なくとも一部が導電性を有する基板と、該基板上に形成され、複数の導電性極細物質が分散して形成されてなる非晶質の導電性樹脂由来炭素系マトリクス層により形成された陰極と、この陰極に対向配置され該陰極からの放出電子を捕獲する陽極と、

前記陰極に近接配置され該陰極からの放出電子を制御する制御電極とを具備してなり、

前記導電性極細物質の先端は前記マトリクス層の表面から突出し、前記陰極には前記陰極に対して正の電圧が印加され、かつ前記制御電極には前記陰極に対して負又は同じ電位が選択的に印加されることを特徴とする電子放出素子。

【請求項3】 導電性極細物質を有機樹脂に懸濁させて該有機樹脂中に分散させる工程と、

前記有機樹脂を少なくとも一部が導電性を有する基板上にコートする工程と、

前記コートされた有機樹脂を硬化して該有機樹脂の電気抵抗を減少させる工程とを含むことを特徴とする電界放出陰極の製造方法。

【請求項4】 導電性極細物質を有機樹脂に懸濁させて該有機樹脂中に分散させる工程と、

少なくとも一部が導電性であって凹部を有し、かつ該凹部を含めて表面に薄い酸化膜が形成された第1の基板上に前記有機樹脂を前記凹部を含めてコートする工程と、前記コートされた有機樹脂を硬化して該有機樹脂の電気抵抗を減少させる工程と、

該硬化した有機樹脂上に第2の基板を形成する工程と、前記第1の基板を、該第1の基板の凹部に形成された凸状の有機樹脂の先端部が開口するまで選択的に除去する工程とを含むことを特徴とする電界放出陰極の製造方法。

【請求項5】 前記有機樹脂を硬化する工程の途中あるいはその後で、前記有機樹脂のマトリクス層の表面を前記導電性極細物質を残して選択的にエッチバックすることにより、前記導電性極細物質の先端を突出させることを特徴とする請求項3又は4に記載の電界放出陰極の製造方法。

【請求項6】 前記有機樹脂を硬化する前に、前記複数の導電性極細物質を前記有機樹脂のマトリクス層の膜厚方向に最も高く配向させることを特徴とする請求項3又は4に記載の電界放出陰極の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、パワー用スイッチ素子、ディスプレイなどに適用される電界放出陰極、電子放出素子および電界放出陰極の製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】電界放出型の微小冷陰極はその高速応答の可能性や耐放射線、耐熱性、大電流化の可能性等によって非常に多くの研究がなされている。提案者はこれまでに本素子をパワースwitchング用デバイスに応用することを目指した提案（特願平9-236046号等）を行っており、大電流・高電圧のスイッチングデバイスとしての可能性を提唱している。

【0003】この微小冷陰極を用いた電子放出素子は、電界集中を起こしやすい鋭先端を有する陰極極と、この陰極極の近傍に配置した制御電極、さらに放出した電子を受ける電子捕獲電極（陽極）からなる。通常、冷陰極に対して近傍に設けた制御電極に正の電圧を印加し、近接効果と陰極先端での電界集中効果により、冷陰極先端に 10^7V/cm 以上の強電界を印加し、トンネル効果によってその先端から電子を放出させる。放出した電子は冷陰極に対向して配置された陽極に印加された正の電圧によって陽極に引き寄せられ、冷陰極・陽極間に電流が流れる。

【0004】電界放出陰極として、上記に示す応用への適用を図る上で、低電界での電子放出、および安定した大電流放出が要となる。これらの実現に向けた多くの提案がなされているが、そのひとつとしてカーボンナノチューブを用いた低電界電子放出の試みがある。カーボンナノチューブは近年、ようやくその存在と特異な物性が知られるようになってきた物質で、シングルウォールのものでは、直径が 10nm 以下という極めて細い径を有している。この極めて細くアスペクト比の大きい形状は電界集中効果が期待でき、これまでも見かけの平均電界（印加電圧/距離）としては非常に低い値から電子放出が得られることが確認されている。

【0005】しかしながら、カーボンナノチューブを用いた電界放出陰極も以下に示す問題がある。図7はカーボンナノチューブを用いた従来の電界放出陰極の一例を示す図である。図7に示すように、これまでの主たるナノチューブを用いた電界放出陰極はアーク法等で得られた混合物を適宜生し、グラファイト等を除去した後、束状のマクロ形状で得られたものを、切り出したり、あるいは引き抜いたりしたナノチューブ束71を、基板41上に導電性ペースト等の導電性樹脂72で接着して作製される。このような手法で作製された素子も低電界動作は実現できるものの、ナノチューブ束71はランダムな粉状あるいは細線束状のマクロ形状で得られるため、ゲートを再現性よくナノチューブ束71に近接して形成することが困難であったため、ゲートを設ける3極構成や多数のアレイを同時形成する等の微細加工は困難であつ

とができる。

【0031】なお、本実施形態では、懸濁樹脂層5を覆う膜の材料として金属(A1)を用いたが、これに限定されるものではなく、各種の導電性薄膜の他、絶縁膜を形成して、絶縁性の電子放出抑制層としてもよい。また、カバー膜の形成のタイミングもエッチバックや硬化等の処理を終えてから行ってもよい。

【0032】(第4実施形態)図4は本発明の第4実施形態に係る電子放出素子の製造工程を示す工程断面図である。まず、レジスト2及びカーボンナノチューブ1からなる懸濁液3を基板4上にコートして懸濁樹脂層5を形成し(図4(a))、この懸濁樹脂層5の予備硬化を行う(図4(b))。ここまでは第1実施形態と同様である。

【0033】次いで、 SiO_2 等の絶縁性材料からなるゲート絶縁膜41及びA1等の導電性材料からなるゲート電極層42を順次積層して形成し、これらゲート絶縁膜41及びゲート電極層42を公知のリソグラフィ工程を用いてパターンニングする。このパターンニングにより開口部43を形成し、懸濁樹脂層5の一部を露出させる(図4(c))。

【0034】次いで、懸濁樹脂層5表面のレジスト2を選択的にエッチバックして懸濁樹脂層5表面にカーボンナノチューブ1を突出させる(図4(d))。さらに、開口部43の懸濁樹脂層5に対して追加の硬化を行い、懸濁樹脂層5に導電性を付与する(図4(e))。これにより、基板4上に形成された懸濁樹脂層5のうち、部分的に電界放出しやすい構造を得るとともに、ゲート電極付の微細な電子放出素子を得ることができる。

【0035】(第5実施形態)図5は本発明の第5実施形態に係る電界放出陰極の製造方法を示す工程断面図である。

【0036】本実施形態では第1実施形態と同様に、まずカーボンナノチューブ1及びレジスト2からなる懸濁液3を基板4に塗布(図5(a))後、懸濁樹脂層5の膜面に対して例えば鉛直方向に交流あるいは直流電界を印加し、ナノチューブを電界方向に配向させる(図5(b))。この配向効果を高めるために、懸濁させる液は粘度低粘度化し、かつ、ナノチューブの線長は膜厚よりも小さいことが望ましい。これにより、膜中のナノチューブをより多く、膜面に対して鉛直方向に向かせ、この状態を保持しながら加熱する、光照射する等して予備硬化、エッチバック及び追加の硬化を行う(図5(c))~(e))。

【0037】このように懸濁樹脂層5の硬化前にカーボンナノチューブ1を鉛直方向に配向させることによって、電界放出に起する鉛直方向にいた先端形状を増やすことができ、電流密度の向上を図ることができる。

【0038】(第6実施形態)図6は本発明の第6実施

形態に係る電子放出素子の製造方法を示す工程断面図である。

【0039】まず、Si基板1に異方性エッチングを用いて逆ピラミッド状の凹部を形成する。次いで、このSi基板1を熱酸化して凹部を含めたSi基板1表面に熱酸化膜62を形成する。次いで、上記第1~第5実施形態と同様に作成されたカーボンナノチューブ1及びレジスト2からなる懸濁液3を凹部に充填するようにSi基板1表面にコートして懸濁樹脂層63を形成する(図6(a))。次いで、この懸濁樹脂層63を硬化した後、導電性基板64を懸濁樹脂層63に接合する。

【0040】次に、Si基板61を図6のように凹部の先端部が開口するまで除去する。なお、このSi基板61は一部のみならず全て除去してもよい。さらに、熱酸化膜62をエッチングし、懸濁樹脂層63を露出させ、エッチバック、硬化(導電性付与)等の工程を行って、陰極を完成させる。本実施形態により、マクロ的にも電界を集中させる突起構造を再現性良く作製することができる。

【0041】なお、本実施形態では導電性基板64を用いたが、ガラスに電極層を形成した別の基板であってもよい。なお、本発明は上記実施形態に限定されるものではない。本実施形態で用いるカーボンナノチューブ1は極細線状導電性物質の一例であり、それ以外の類似物質を用いても良く、例えば、各種のウィスカー等を用いることもできる。さらに、本実施形態で用いたレジストも一例であり、基本的には、何らかの操作で膜化可能な液状有機物質あるいはその混合液であればよいことができる。硬化の処理も上記に限定されるものではなく、熱・イオン注入・プラズマ処理等の他に、電子線照射、真空や各種雰囲気中での加熱、光照射、各種放射線照射等を用いてもよい。また、基板も全面が導電性のものを用いる必要はなく、部分的に導電性を付与したパターン電極付基板、透明電極付ガラス基板、低抵抗半導体基板、金属基板等各種を用いることができる。また、本実施形態では、エッチバックを行ったが、エッチバックなしでも行うこともできる。エッチバックなしで行う場合には、予備硬化・硬化等の工程を分けることなく、連続的に行ってもよい。また、有機溶剤に付与する導電性は、有機溶剤中にリクを生じる程度でよく、導体と呼ばれるほど高い導電性は必要とされない。

【0042】

【発明の効果】以上詳述したように本発明によれば、導電性極細物質が導電性樹脂由来炭素系マトリクス層に分散して形成され、また半導体微細プロセスを用いて作成できるため、微細な構造の電界放出陰極を再現性よく得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施形態に係る電界放出陰極の製造方法を示す図。

【図2】本発明の第2実施形態に係る電界放出陰極の製造方法を示す工程断面図。

【図3】本発明の第3実施形態に係る電界放出陰極の製造方法を示す工程断面図。

【図4】本発明の第4実施形態に係る電界放出陰極の製造方法を示す工程断面図。

【図5】本発明の第5実施形態に係る電界放出陰極の製造方法を示す工程断面図。

【図6】本発明の第6実施形態に係る電界放出陰極の製造方法を示す工程断面図。

【図7】従来の電界放出陰極の全体構成を示す図。

【符号の説明】

1…カーボンナノチューブ

2…レジスト

3…懸濁液

4…導電性基板

5、6 3…懸濁樹脂層

3 1…A1 薄膜

3 2…開口部

4 1…ゲート絶縁膜

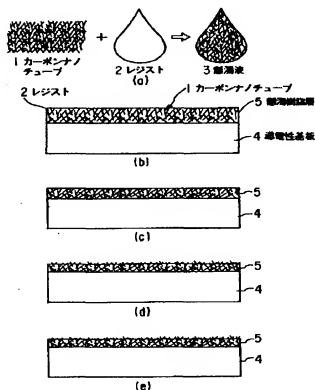
4 2…ゲート電極層

6 1…Si 基板

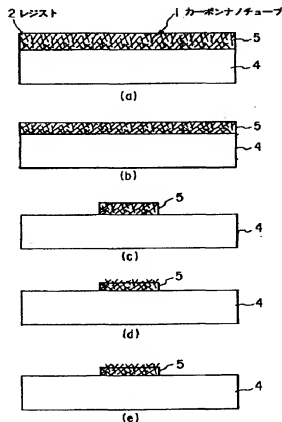
6 2…熱酸化膜

6 4…導電性基板

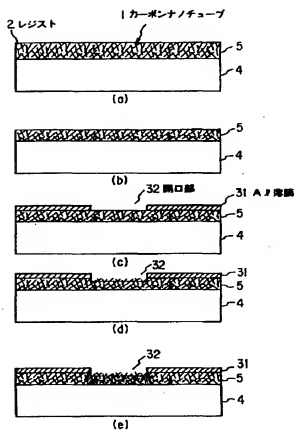
【図1】



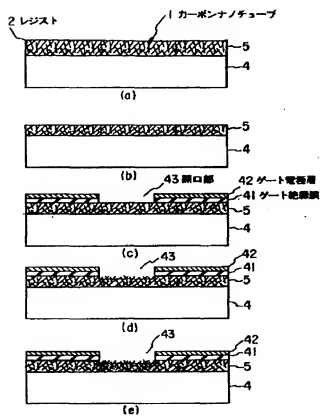
【図2】



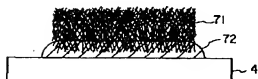
【図3】



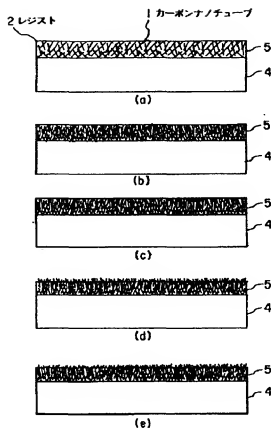
【図4】



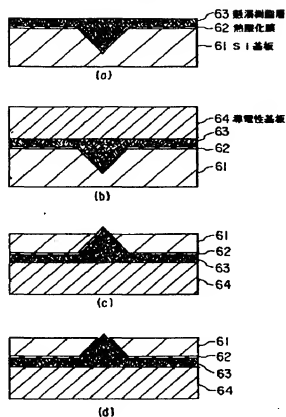
【図7】



【図5】



【図6】



フロントページの続き

(72)発明者 佐久間 尚志
神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株
式会社東芝研究開発センター内

(72)発明者 張 利
神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株
式会社東芝研究開発センター内

(72)発明者 中山 和也
神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株
式会社東芝研究開発センター内

Fターム(参考) 5C035 BB01 BB03